



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2008 026 014 A1 2009.12.10

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2008 026 014.2

(22) Anmeldetag: 30.05.2008

(43) Offenlegungstag: 10.12.2009

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **A61M 3/00** (2006.01)

**A61B 17/00** (2006.01)

**A61F 9/007** (2006.01)

**A61M 1/00** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Carl Zeiss Surgical GmbH, 73447 Oberkochen, DE**

(72) Erfinder:

**Kübler, Christoph, 73447 Oberkochen, DE; Kraus, Martin, 73460 Hüttlingen, DE; Eichler, Michael, Dr., 73434 Aalen, DE; Maier, Tobias, 73430 Aalen, DE**

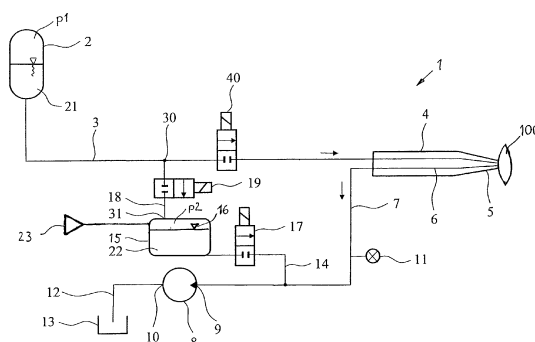
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Chirurgisches System**

(57) Zusammenfassung: Chirurgisches System (1) zur Steuerung eines Fluids, aufweisend:

- eine Irrigationsleitung (3), welche an einem Ende mit einem ersten Fluidbehälter (2) zur Aufnahme von Irrigationsfluid (21) und an einem anderen Ende an einem chirurgischen Handstück (4) verbunden ist, wobei das Irrigationsfluid (21) mit einem ersten Druck ( $p_1$ ) zum Handstück (4) zuführbar ist,
- eine Saugpumpe (8),
- eine Aspirationseingangsleitung (7), welche vom chirurgischen Handstück (4) zu einem Eingang (9) der Saugpumpe (8) so vorgesehen ist, dass sich von der Saugpumpe (8) Fluid durch das Handstück (4) saugen lässt,
- eine Aspirationsausgangsleitung (12), welche einen Ausgang (10) der Saugpumpe (8) mit einem Sammelbehälter (13) so verbindet, dass Fluid von dem Ausgang (10) der Saugpumpe (8) in den Sammelbehälter (13) zuführbar ist,
- einen zweiten Fluidbehälter (15) zur Aufnahme von Irrigationsfluid (22),
- eine Aspirationsbelüftungsleitung (14), welche den zweiten Fluidbehälter (15) mit der Aspirationseingangsleitung (7) verbindet,
- ein Belüftungsventil (17), welches in der Aspirationsbelüftungsleitung (14) vorgesehen ist und sich in Abhängigkeit vom Fluiddruck in der Aspirationseingangsleitung (7) und/oder Irrigationsleitung (3) schalten lässt,
- wobei der zweite Fluidbehälter (15) mit einem Pneumatik-Drucksystem (23) verbunden ist, mit welchem das Fluid (22) im zweiten Fluidbehälter (15) einem zweiten Druck ( $p_2$ ) aussetzbar ist, der höher als der erste Druck ...



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein chirurgisches System und ein Verfahren zur Steuerung von Fluid bei der Behandlung eines Kataraktes mit der Phakoemulsifikationstechnik.

**[0002]** Zur Behandlung einer Linsentrübung, welche in der Medizin als Grauer Star bezeichnet wird, gibt es mehrere chirurgische Techniken. Die am weitesten verbreitete Technik ist die Phakoemulsifikation, bei der eine dünne Spitze in die erkrankte Linse eingeführt und mit Ultraschall zu Schwingungen angeregt wird. Die vibrierende Spitze emulsifiziert in ihrer nächsten Umgebung die Linse derart, dass die entstehenden Linsenfragmente durch eine Leitung von einer Pumpe abgesaugt werden können. Ist die Linse vollständig emulsifiziert worden, kann in den leeren Kapselsack eine neue künstliche Linse eingesetzt werden, so dass ein derart behandelter Patient wieder ein gutes Sehvermögen erreichen kann.

**[0003]** Bei der Phakoemulsifikation kommt eine Vorrichtung zum Einsatz, welche allgemein eine schwingfähige Spitze in einem Handstück, eine Spülleitung (Irrigationsleitung) für die Zufuhr von Spülfluid zu der zu behandelnden Linse und eine Saugleitung (Aspirationsleitung) zum Abtransportieren emulsifizierter Linsenfragmente in einen Sammelbehälter aufweist. Während des Abtransportierens in den Sammelbehälter kann es vorkommen, dass ein Linsenfragment den Eingangsbereich der Handstückspitze verstopft. Bei kontinuierlich laufender Saugpumpe baut sich somit stromabwärts in der Aspirationsleitung ein Vakuum auf. Durch zum Beispiel fortgesetzte Ultraschallschwingungen der Spitze kann das Linsenfragment in kleinere Segmente zerbrechen, wodurch die Verstopfung (Okklusion) schlagartig beendet ist. Der aufgebaute Unterdruck in der Aspirationsleitung führt dazu, dass bei einem solchen Okklusionsdurchbruch in sehr kurzer Zeit eine relativ große Fluidmenge aus dem Auge gesaugt wird. Dies kann zur Folge haben, dass ein Kollaps der Augenvorderkammer eintritt. Es ist dabei möglich, dass der Kapselsack zur Handstückspitze gezogen und von der Spitze durchstoßen wird. Neben einer solchen Verletzung des Kapselsackes kann ferner eine zu tief eingedrungene Spitze eine Beschädigung des hinter dem Kapselsack liegenden Augen-Glaskörpers bewirken.

**[0004]** Im Stand der Technik werden verschiedene Lösungen vorgeschlagen, um bei einem Okklusionsdurchbruch einen Kollaps der Augenvorderkammer zu vermeiden. In US 4,832,685 lässt sich die Aspirationsleitung mit der Irrigationsleitung verbinden, so dass ein Druckausgleich durch das Irrigationsfluid erreicht wird. Nachteilig ist dabei, dass das in der Irrigationsleitung vorhandene Fluid zu starken Druckschwankungen angeregt wird. Dies führt zu einer zu-

sätzlichen Destabilisierung des Druckes in der Augenvorderkammer. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass bei einem derartigen Fluid-Druckausgleich kontaminiertes Fluid aus der Aspirationsleitung in die Irrigationsleitung fließen kann. Ein solches chirurgisches System lässt sich daher nur für einen einzelnen Patienten verwenden.

**[0005]** Eine andere Möglichkeit besteht darin, einen Druckausgleich mittels Umgebungsluft durchzuführen. In die Aspirationsleitung wird dabei Luft mit atmosphärischem Druck eingeleitet. Die in die Aspirationsleitung eingebrachte Luft verändert jedoch die fluidischen Eigenschaften des Ansaugsystems, so dass die Luft anschließend aus der Aspirationsleitung gepumpt werden muss, um wieder eine dynamische Saugdruckkennlinie in der Aspirationsleitung zu erzielen.

**[0006]** In US 6,740,074 B2 und US 6,261,283 wird vorgeschlagen, aus einem am Ende der Aspirationsleitung angeordneten Sammelbehälter Fluid zu entnehmen und in die Aspirationsleitung zu führen. Bei dieser Lösung werden jedoch kontaminierte Partikel aus dem Sammelbehälter in die Aspirationsleitung gebracht, so dass ein solches System unsteril wird und nicht für mehrere Patienten, sondern nur für einen einzelnen Patienten geeignet ist.

**[0007]** Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, ein chirurgisches System zu schaffen, welches bei einem Unterdruck in einer Aspirationsleitung einen schnellen Druckausgleich ermöglicht, wobei in der Irrigationsleitung ein starker Druckabfall unter Atmosphärendruck vermieden wird. Es ist ferner eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen chirurgischen Systems zu schaffen.

**[0008]** Die Aufgabe wird durch ein System mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 und durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 12 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

**[0009]** Das erfindungsgemäße chirurgische System zur Steuerung eines Fluids weist auf: eine Irrigationsleitung, welche an einem Ende mit einem ersten Fluidbehälter zur Aufnahme von Irrigationsfluid und an einem anderen Ende an einem chirurgischen Handstück verbunden ist, wobei das Irrigationsfluid mit einem ersten Druck zum Handstück zuführbar ist, eine Saugpumpe, eine Aspirationseingangsleitung, welche vom chirurgischen Handstück zu einem Eingang der Saugpumpe so vorgesehen ist, dass sich von der Saugpumpe Fluid durch das Handstück saugen lässt, eine Aspirationsausgangsleitung, welche einen Ausgang der Saugpumpe mit einem Sammelbehälter so verbindet, dass Fluid von dem Ausgang der Saugpumpe in den Sammelbehälter zuführbar ist, einen zweiten Fluidbehälter zur Aufnahme von Irrigations-

fluid, eine Aspirationsbelüftungsleitung, welche den zweiten Fluidbehälter mit der Aspirationseingangsleitung verbindet, ein Belüftungsventil, welches in der Aspirationsbelüftungsleitung vorgesehen ist und sich in Abhängigkeit vom Fluiddruck in der Aspirationseingangsleitung und/oder Irrigationsleitung schalten lässt, wobei der zweite Fluidbehälter mit einem Pneumatik-Drucksystem verbunden ist, mit welchem das Fluid im zweiten Fluidbehälter einem zweiten Druck aussetzbar ist, der höher als der erste Druck im ersten Fluidbehälter ist.

**[0010]** Bei einer Okklusion in der Aspirationsleitung kann mit dem erfindungsgemäßen System Fluid aus dem zweiten Fluidbehälter durch die Aspirationsbelüftungsleitung in die Aspirationseingangsleitung geführt werden. Durch den zweiten Druck im zweiten Fluidbehälter wird das Fluid bis zur Nadelspitze entgegen der üblichen Fluid-Transportrichtung mit hoher Geschwindigkeit und einem hohen Impuls befördert und kann das die Nadelspitze verstopfende Partikel aus der Nadelspitze herausdrücken. Der zweite Druck ist dabei so hoch zu wählen, dass ein Herausdrücken des Partikels aus der Nadelspitze gelingt; eventuell muss der durch das Pneumatik-Drucksystem bereitgestellte zweite Druck erhöht werden. Der besondere Vorteil beim Einsatz des Pneumatik-Drucksystems liegt darin, dass ein sehr schnelles Belüften im Millisekundenbereich möglich ist, wobei gleichzeitig der Druck in der Irrigationsleitung und somit auch der Augeninnendruck nur geringfügig oder gar nicht schwankt.

**[0011]** Das zugeführte Fluid stammt nicht aus dem ersten Fluidbehälter, der das Irrigationsfluid enthält und mit der Irrigationsleitung verbunden ist. Durch den zweiten Fluidbehälter wird eine vollständige Trennung von diesem ersten Fluidbehälter erreicht, so dass während des Belüftens keine direkten Druckschwankungen in der Irrigationsleitung angeregt werden können. Ferner ist durch die Trennung der beiden Fluidbehälter eine Kontamination der Irrigationsleitung ausgeschlossen. Da der zweite Fluidbehälter steriles Fluid enthält, ist auch eine Kontamination der Aspirationsleitung durch das Belüften ebenfalls ausgeschlossen. Somit ist es möglich, das chirurgische System auch ohne Gefahr einer Kontamination mit zuvor eingebrachten Verunreinigungen bei mehreren Patienten zu verwenden, die aufeinander folgend behandelt werden.

**[0012]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist der zweite Fluidbehälter durch eine Befüllungsleitung, welche ein Befüllungsventil aufweist, befüllbar, wobei die Befüllungsleitung an einem Ende mit der Irrigationsleitung verbunden ist. Somit genügt es, nur den ersten Fluidbehälter mit Irrigationsfluid zu füllen, so dass anschließend aus diesem sterilen Fluid der zweite Fluidbehälter befüllt werden kann. Ein solches Befüllen des zweiten Fluidbehälters kann zum Bei-

spiel vor Beginn einer Operation erfolgen. Durch das Befüllungsventil wird eine zuverlässige Trennung zwischen der Irrigationsleitung und dem Teil der Befüllungsleitung erreicht, der zum zweiten Fluidbehälter zugewandt ist. Das Befüllungsventil trennt auch zuverlässig die unterschiedlichen Fluiddrücke voneinander ab, die in der Irrigationsleitung und dem zweiten Fluidbehälter bestehen.

**[0013]** Vorzugsweise ist das Belüftungsventil durch einen Operateur betätigbar, zum Beispiel manuell, mittels eines Fußschalters oder mittels eines akustischen Schalters. Die manuelle Betätigung kann mittels einer grafischen Bedieneinheit oder eines mechanischen Schalters zum Beispiel am Handstück erfolgen. Es ist zweckmäßig, wenn der Operateur das Belüftungsventil nur dann betätigt, wenn tatsächlich eine Okklusion eingetreten ist. Jedoch kann bei einer weiteren Ausführungsform das Belüftungsventil auch derart schaltbar sein, dass es erst nach Ablauf einer vorbestimmten Zeitdauer öffnet oder schließt. Ein solcher Modus ist sinnvoll, wenn ohne Anlass einer Okklusion in regelmäßigen zeitlichen Abständen ein Belüften erfolgen soll, um die Aspirationsleitung von Partikeln frei zu halten, die die Aspirationsleitung teilweise oder vollständig verstopfen. Das Betätigen des Belüftungsventils kann jedoch auch vollautomatisch unter Berücksichtigung der Fluiddrücke in der Aspirations- oder Irrigationsleitung erfolgen, wobei das erfindungsgemäße System und nicht der Operateur den Belüftungsvorgang auslöst.

**[0014]** Vorzugsweise setzt sich der zweite Druck aus dem ersten Druck und einem vorbestimmten Überdruck zusammen, wobei der Überdruck maximal 100 mm Hg beträgt. Damit wird der Überdruck im Auge auf ein ungefährliches Maß begrenzt.

**[0015]** Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist bei dem System eine Zeitdauer einstellbar, in der das Belüftungsventil so geschaltet ist, dass Fluid passieren kann. Die Zeitdauer ist vorzugsweise kleiner als 1 Sekunde. Damit wird erreicht, dass das dem Auge durch die Aspirationseingangsleitung zugeführte Fluidvolumen begrenzt ist. Vorzugsweise ist das Belüftungsventil so schaltbar, dass in die Aspirationseingangsleitung ein Fluidvolumen von maximal 0,5 ml zuführbar ist.

**[0016]** Weist die Irrigationsleitung ein Irrigationsventil auf, kann dieses in eine solche Stellung gebracht werden, dass die Irrigationsleitung unterbrochen ist. Ein Befüllen des zweiten Fluidbehälters mit Fluid aus dem ersten Fluidbehälter lässt sich dann mittels der Befüllungsleitung besonders geschickt durchführen, wenn das Irrigationsventil in der Irrigationsleitung zwischen Handstück und Befüllungsleitung angeordnet ist. In diesem Fall treten beim Befüllen des zweiten Fluidbehälters keine Druckschwankungen in dem Teil der Irrigationsleitung auf, der zwi-

schen Irrigationsventil und Handstück angeordnet ist. Somit ist sichergestellt, dass während des Befüllens des zweiten Fluidbehälters im Auge keine Druckschwankungen induziert werden.

**[0017]** Die Aufgabe wird ferner durch ein Verfahren zur Steuerung von Fluid beim Belüften einer Aspirationseingangsleitung in einem wie vorstehend beschriebenen chirurgischen System gelöst, wobei nach einer Okklusion in der Aspirationseingangsleitung das Belüftungsventil so geschaltet wird, dass vom zweiten Fluidbehälter Fluid mit einem zweiten Druck von der Aspirationsbelüftungsleitung zur Aspirationseingangsleitung zugeführt wird. Vorzugsweise wird das Belüftungsventil in periodischen Abständen geschaltet.

**[0018]** Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden mit Bezug auf die nachfolgenden Zeichnungen erklärt, in welchen zeigen:

**[0019]** [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform des chirurgischen Systems gemäß der Erfindung;

**[0020]** [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung der Druckverläufe in der Aspirationsleitung und Irrigationsleitung in Abhängigkeit von der Zeit; und

**[0021]** [Fig. 3A](#) bis [Fig. 3C](#) eine schematische Darstellung der Partikelbewegung vor, während und nach einer Okklusion beim Einsatz des erfindungsgemäßen Systems.

**[0022]** In [Fig. 1](#) ist eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen chirurgischen Systems **1** gezeigt. In einem ersten Fluidbehälter **2** ist ein Irrigationsfluid **21** enthalten, welches über eine Irrigationsleitung **3** zu einem chirurgischen Handstück **4** geleitet werden kann. Bei dem Handstück **4** kann es sich um ein Handstück zur Phakoemulsifikation handeln, bei dem eine vibrierende Spitze **5** eine getrübte Linse eines Auges emulsifiziert und die zertrümmerten Linsenfragmente abgesaugt werden. Ein Irrigationsventil **40**, welches bei der Darstellung in [Fig. 1](#) als 2-Wege-Ventil gezeigt ist, erlaubt einen Durchlass oder ein Sperren des Irrigationsfluides in Richtung zum Handstück **4**. Von der Spitze **5** verläuft eine Aspirationsleitung **6** zu einem Ende des Handstückes **4**, um emulsifizierte Linsenteile und Fluid aus dem Auge abzutransportieren. Der Abtransport wird durch eine Saugpumpe **8** verursacht, welche an ihrem Eingang **9** über eine Aspirationseingangsleitung **7** mit dem Handstück **4** verbunden ist. Ein Fluidruck in der Aspirationseingangsleitung **7** wird durch einen Drucksensor **11** erfasst, der zwischen dem Eingang **9** der Saugpumpe **8** und dem Handstück **4** angeordnet ist. Vorzugsweise ist der Drucksensor **11** in der Nähe des Handstückes **4** vorgesehen, so dass eine Druckänderung im Bereich

der Spitze **5** nach kurzer Wegstrecke durch das Handstück **4** detektiert werden kann. Eine noch schnellere Detektion einer Druckänderung wird erreicht, wenn der Drucksensor **11** den Fluidruck in der Aspirationsleitung **6** innerhalb des Handstückes **4** erfasst. Die Aspirationsleitung **6** kann als vorderer Abschnitt der Aspirationseingangsleitung **7** verstanden werden und kann einstückig mit der Aspirationseingangsleitung **7** ausgebildet sein.

**[0023]** Die Saugpumpe **8** leitet die Linsengfragmente und Fluid an ihrem Ausgang durch eine Aspirationsausgangsleitung **12** in einen Sammelbehälter **13** weiter.

**[0024]** An die Aspirationseingangsleitung **7** ist eine Aspirationsbelüftungsleitung **14** angeschlossen, welche mit einem zweiten Fluidbehälter **15** verbunden ist. In dem zweiten Fluidbehälter **15** ist ein Fluid **22** enthalten, welches bei entsprechender Stellung eines in der Aspirationsbelüftungsleitung **14** vorgesehenen 2-Wege-Belüftungsventils **17** in die Aspirationseingangsleitung **7** zugeführt werden kann. Tritt innerhalb der Aspirationsleitungen **6** oder **7**, zum Beispiel am distalen Ende der Aspirationsleitung im Bereich der Spitze **5** eine Verstopfung (Okklusion) durch zu große Linsenfragmente auf, so dass ein Absaugen durch die Aspirationsleitungen **6** und **7** blockiert ist, baut sich in diesen Leitungen ein Vakuumdruck auf. Dieser Druck kann mit dem Drucksensor **11** erfasst werden. Wenn dieser Vakuumdruck eine vorbestimmte Zeit ansteht und die Pumpe kein Fluid mehr saugt, kann das Belüftungsventil **17** entsprechend freigeschaltet werden. Das Fluid **22**, das mittels eines Pneumatiksystems **23** einem Druck  $p_2$  ausgesetzt ist, strömt damit in die Aspirationsbelüftungsleitung **14** und von dort in die Aspirationseingangsleitung **7** zur Nadelspitze **5**, um mittels Überdruck das Partikel von der Nadelspitze **5** fort zu stoßen, siehe auch [Fig. 3](#). Wenn die Verstopfung an der Nadelspitze **5** freigegeben wird, herrscht im Auge kein Unterdruck vor, so dass kein gefährliches Absaugen von Fluid im Auge wie bei Lösungen gemäß dem Stand der Technik auftritt.

**[0025]** Der zweite Fluidbehälter **15** ist mit einem Fluid **22** befüllt, welches bei der in [Fig. 1](#) dargestellten Ausführungsform durch eine Befüllungsleitung **18** zugeführt werden kann. In der Befüllungsleitung **18** ist ein 2-Wege-Befüllungsventil **19** vorgesehen, welches den Fluiddurchgang sperrt oder freigibt. Die Befüllungsleitung **18** ist an einem Ende **30** mit der Irrigationsleitung **3** verbunden, so dass Fluid **21** in die Befüllungsleitung **18** zugeführt werden kann. Das andere Ende **31** der Befüllungsleitung **18** ist mit dem Fluidbehälter **15** verbunden. Bei geschlossenem Befüllungsventil **19** kann das Drucksystem **23** einen Überdruck im zweiten Behälter **15** aufbauen, so dass das Fluid **22** mit einem zweiten Druck  $p_2$  in die Aspirationsbelüftungsleitung **14** eintreten kann.

**[0026]** Der zweite Fluidbehälter **15** kann mit einem Sensor **16** versehen sein, mit dem der Fluidpegel im zweiten Fluidbehälter **15** erfasst werden kann. Durch den Sensor **16** wird sichergestellt, dass die Befüllung des zweiten Fluidbehälters **15** nur bis zum Erreichen des maximal zulässigen Fluidpegels erfolgt.

**[0027]** In [Fig. 2](#) ist schematisch der Verlauf des Druckes in der Aspirationsleitung und Irrigationsleitung in Abhängigkeit von der Zeit (horizontale Achse) dargestellt. Vor Beginn einer Operation wird mittels des Befüllungsventils **19** der zweite Behälter **15** mit Irrigationsfluid **22** gefüllt, siehe Bezugszeichen **50**. Nach dem Öffnen des Irrigationsventils **40**, siehe Bezugszeichen **51**, fließt Irrigationsfluid **21** durch die Irrigationsleitung **3** zum Handstück **4** und von dort zu der zu behandelnden Linse **100**. Das Irrigationsfluid **21** fließt anfangs mit einem hydrostatischen Druck, siehe Bezugszeichen **52**, der nach Zuschalten der Saugpumpe **8** etwas absinkt, siehe Verlauf der Aspirationspumpengeschwindigkeit bei Bezugszeichen **53** und Ansteigen des Aspirationsunterdruckes bei Bezugszeichen **54**. Die Aspirationspumpengeschwindigkeit erreicht einen vorgegebenen Wert, siehe Bezugszeichen **55**, so dass sich der Druck in der Aspirationsleitung, siehe Bezugszeichen **56**, auf einen konstanten Wert einstellt.

**[0028]** Tritt an der Nadelspitze **5** in der Aspirationsleitung **6** eine Okklusion auf, siehe Bezugszeichen **57**, steigt in der Aspirationsleitung **6** und der Aspirationseingangsleitung **7** der Unterdruck auf einen maximal bei der Pumpenleistung erreichbaren Wert an, siehe Bezugszeichen **58**. Der Augeninnendruck steigt damit wieder auf den ursprünglichen hydrostatischen Wert an, wie er zu Beginn der Operation herrschte, siehe Bezugszeichen **52** und **59**. Die Pumpe wird so gesteuert, dass sie nach Beginn der Okklusion eine vorbestimmte Zeit  $t_1$  mit gleicher Pumpengeschwindigkeit betrieben wird. Nach Ablauf dieser Zeit  $t_1$  wird die Pumpe **8** abgeschaltet, wenn immer noch ein hoher Vakuumdruck in der Aspirationseingangsleitung **7** besteht, siehe Bezugszeichen **60**.

**[0029]** Liegt der erreichte Vakuumdruck während einer Zeit  $t_2$  an, in der trotz der mit Ultraschall schwingenden Nadelspitze die Okklusion nicht durchbrechen konnte, kann bei einer Ausführungsform der Erfindung das Belüftungsventil **17** automatisch in die Durchlassposition geschaltet werden, siehe Bezugszeichen **61**. Das Belüftungsventil **17** kann jedoch auch zum Beispiel nach einem Signalton aufgrund des Druckabfalls manuell vom Operateur betätigt werden. Durch das Eindringen von Irrigationsfluid **22** in die Aspirationsbelüftungsleitung **14** und Aspirationseingangsleitung **7** sowie Aspirationsleitung **6** sinkt der Vakuumdruck in den Leitungen **6** und **7** ab, siehe Bezugszeichen **62**. Da das Irrigationsfluid **22** mit einem Druck  $p_2$  zugeführt wird, der höher als der

Druck  $p_1$  ist, steigt der Druck in den Leitungen **6** und **7** auf einen Wert an, der höher als der hydrostatische Druck ist, siehe Bezugszeichen **63**. Der zwischen  $p_2$  und  $p_1$  bestehende Differenzdruck  $dp$ , siehe Bezugszeichen **64**, bewirkt, dass die Okklusion verursachende Partikel in der Aspirationseingangsleitung von der Nadelspitze fort gedrückt wird, so dass die Okklusion nicht mehr besteht, siehe Bezugszeichen **65**. Es wird darauf hingewiesen, dass der Überdruck  $dp$  aus physiologischen Gründen maximal 100 mm Hg betragen sollte.

**[0030]** Das Belüftungsventil **17** kann abhängig von dem Druckverlauf in den Leitungen **6** und **7** oder nur nach dem Ablauf einer vorbestimmten Zeitdauer nach dem Belüften wieder in den geschlossenen Zustand gesteuert werden, siehe Bezugszeichen **66**. Der Augeninnendruck schwankt während des Belüftens entweder gar nicht oder nur geringfügig, siehe Bezugszeichen **67**. Die Druckschwankung beträgt maximal 20 mm Hg und ist erheblich niedriger als bei Systemen gemäß dem Stand der Technik, bei denen der Augeninnendruck auf  $-200$  mm Hg abfallen kann. Ein derartiger gefährlicher Unterdruck im Auge tritt bei der erfindungsgemäßen Lösung nicht mehr auf. Die während des Belüftens der Leitungen **6** und **7** vom zweiten Behälter **15** abgegebene Fluidmenge kann durch kurzes Betätigen des Befüllungsventils **19** wieder in den zweiten Behälter **15** nachgefüllt werden, siehe Bezugszeichen **68**.

**[0031]** Nach dem Belüften kann die Operation wieder in gewohnter Weise fortgesetzt werden. Dazu kann das System die Saugpumpe wieder anfahren, bis eine Nennpumpengeschwindigkeit erreicht ist, siehe Bezugszeichen **69**. Der Aspirationsdruck gelangt damit ebenfalls auf seinen üblichen Wert, siehe Bezugszeichen **70**, und der Augeninnendruck nimmt bei fortwährendem Zufluss von Irrigationsfluid wieder den niedrigeren Wert ein, der vor der Okklusion bestand, siehe Bezugszeichen **71**.

**[0032]** In [Fig. 3](#) ist dargestellt, wie ein Partikel eine Okklusion verursacht und wie diese durch das erfindungsgemäße System beseitigt werden kann. Ein Partikel **80** treibt auf die Nadelspitze **5** zu, aus der ein Irrigationsfluid **21** ausströmt, siehe [Fig. 3A](#). Durch den Saugdruck in der Aspirationsleitung **6** wird das Partikel **80** in Richtung zur Aspirationsleitung **6** hingezogen, siehe Bezugszeichen **81**. Das Partikel blockiert daraufhin die Nadelspitze und die Aspirationsleitung **6**, siehe [Fig. 3B](#). Das Irrigationsfluid, welches weiterhin mit einem Druck  $p_1$  aus der Nadelspitze ausströmt, kann das Partikel **80** nicht von der Spitze entfernen. Durch Einsatz des mit einem Druck  $p_2$  aus der Aspirationseingangsleitung ausströmenden Irrigationsfluids, siehe Bezugszeichen **82**, wird das Partikel **80** von der Nadelspitze **5** fortgedrückt, siehe Bezugszeichen **83** in [Fig. 3C](#). Aufgrund des Druckunterschiedes zwischen Irrigationsleitung und Aspirations-

leitung kann Fluid in die Irrigationsleitung eindringen, siehe Bezugszeichen **84**. Dies kann zu einer geringen Druckschwankung in der Irrigationsleitung führen, wobei der Augeninnendruck aufgrund des großen Fluidvolumens im Auge nur sehr gering schwankt. Spätestens nach Entfernen des Partikels wird das Belüftungsventil wieder geschlossen, so dass die Operation wieder fortgesetzt werden kann.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- US 4832685 [0004]
- US 6740074 B2 [0006]
- US 6261283 [0006]

**Patentansprüche**

1. Chirurgisches System (1) zur Steuerung eines Fluides, aufweisend:

- eine Irrigationsleitung (3), welche an einem Ende mit einem ersten Fluidbehälter (2) zur Aufnahme von Irrigationsfluid (21) und an einem anderen Ende an einem chirurgischen Handstück (4) verbunden ist, wobei das Irrigationsfluid (21) mit einem ersten Druck (p1) zum Handstück (4) zuführbar ist,
- eine Saugpumpe (8),
- eine Aspirationseingangsleitung (7), welche vom chirurgischen Handstück (4) zu einem Eingang (9) der Saugpumpe (8) so vorgesehen ist, dass sich von der Saugpumpe (8) Fluid durch das Handstück (4) saugen lässt,
- eine Aspirationsausgangsleitung (12), welche einen Ausgang (10) der Saugpumpe (8) mit einem Sammelbehälter (13) so verbindet, dass Fluid von dem Ausgang (10) der Saugpumpe (8) in den Sammelbehälter (13) zuführbar ist,
- einen zweiten Fluidbehälter (15) zur Aufnahme von Irrigationsfluid (22),
- eine Aspirationsbelüftungsleitung (14), welche den zweiten Fluidbehälter (15) mit der Aspirationseingangsleitung (7) verbindet,
- ein Belüftungsventil (17), welches in der Aspirationsbelüftungsleitung (14) vorgesehen ist und sich in Abhängigkeit vom Fluiddruck in der Aspirationseingangsleitung (7) und/oder Irrigationsleitung (3) schalten lässt,
- wobei der zweite Fluidbehälter (15) mit einem Pneumatik-Drucksystem (23) verbunden ist, mit welchem das Fluid (22) im zweiten Fluidbehälter (15) einem zweiten Druck (p2) aussetzbar ist, der höher als der erste Druck (p1) im ersten Fluidbehälter (2) ist.

2. System (1) nach Anspruch 1, wobei der zweite Fluidbehälter (15) durch eine Befüllungsleitung (18), welche ein Befüllungsventil (19) aufweist, befüllbar ist, wobei die Befüllungsleitung (18) an einem Ende (30) mit der Irrigationsleitung (3) verbunden ist,

3. System (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei das Belüftungsventil (17) durch einen Operateur betätigbar ist.

4. System (1) nach Anspruch 3, wobei das Belüftungsventil (17) manuell, mittels eines Fußschalters oder mittels eines akustischen Schalters betätigbar ist.

5. System (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Belüftungsventil (17) erst nach Ablauf einer vorbestimmten Zeitdauer schaltbar ist.

6. System (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei sich der zweite Druck (p2) aus dem ersten Druck (p1) und einem vorbestimmten Überdruck (dp) zusammensetzt, wobei der Überdruck maximal 100

mm Hg beträgt.

7. System (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei eine Zeitdauer einstellbar ist, in der das Belüftungsventil (17) so geschaltet ist, dass Fluid passieren kann.

8. System (1) nach Anspruch 7, wobei die Zeitdauer kleiner als 1 Sekunde ist.

9. System (1) nach einem der Ansprüche 7 oder 8, wobei das Belüftungsventil (17) so schaltbar ist, dass in die Aspirationseingangsleitung (7) ein Fluidvolumen von maximal 0,5 ml zuführbar ist.

10. System (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Irrigationsleitung (3) ein Irrigationsventil (40) aufweist.

11. System (1) nach Anspruch 10, wobei das Irrigationsventil (40) in der Irrigationsleitung (3) zwischen Handstück (4) und Befüllungsleitung (18) angeordnet ist.

12. Verfahren zur Steuerung von Fluid beim Belüften einer Aspirationseingangsleitung (7) in einem chirurgischen System (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei nach einer Okklusion in der Aspirationseingangsleitung (7) das Belüftungsventil (17) so geschaltet wird, dass vom zweiten Fluidbehälter (15) Fluid (22) mit einem zweiten Druck (p2) von der Aspirationsbelüftungsleitung (14) zur Aspirationseingangsleitung (7) zugeführt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Belüftungsventil (17) in periodischen Abständen geschaltet wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

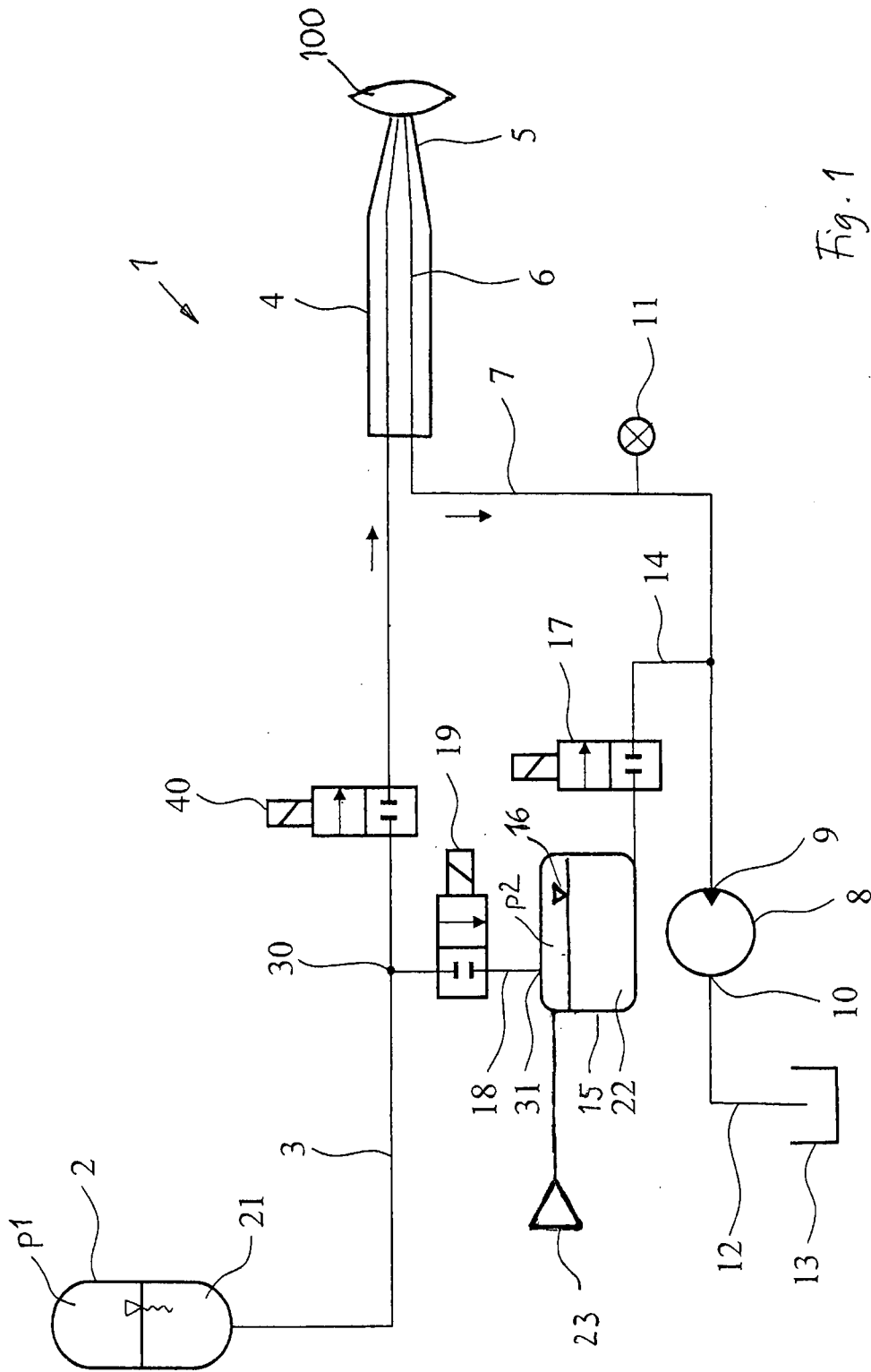


Fig. 1

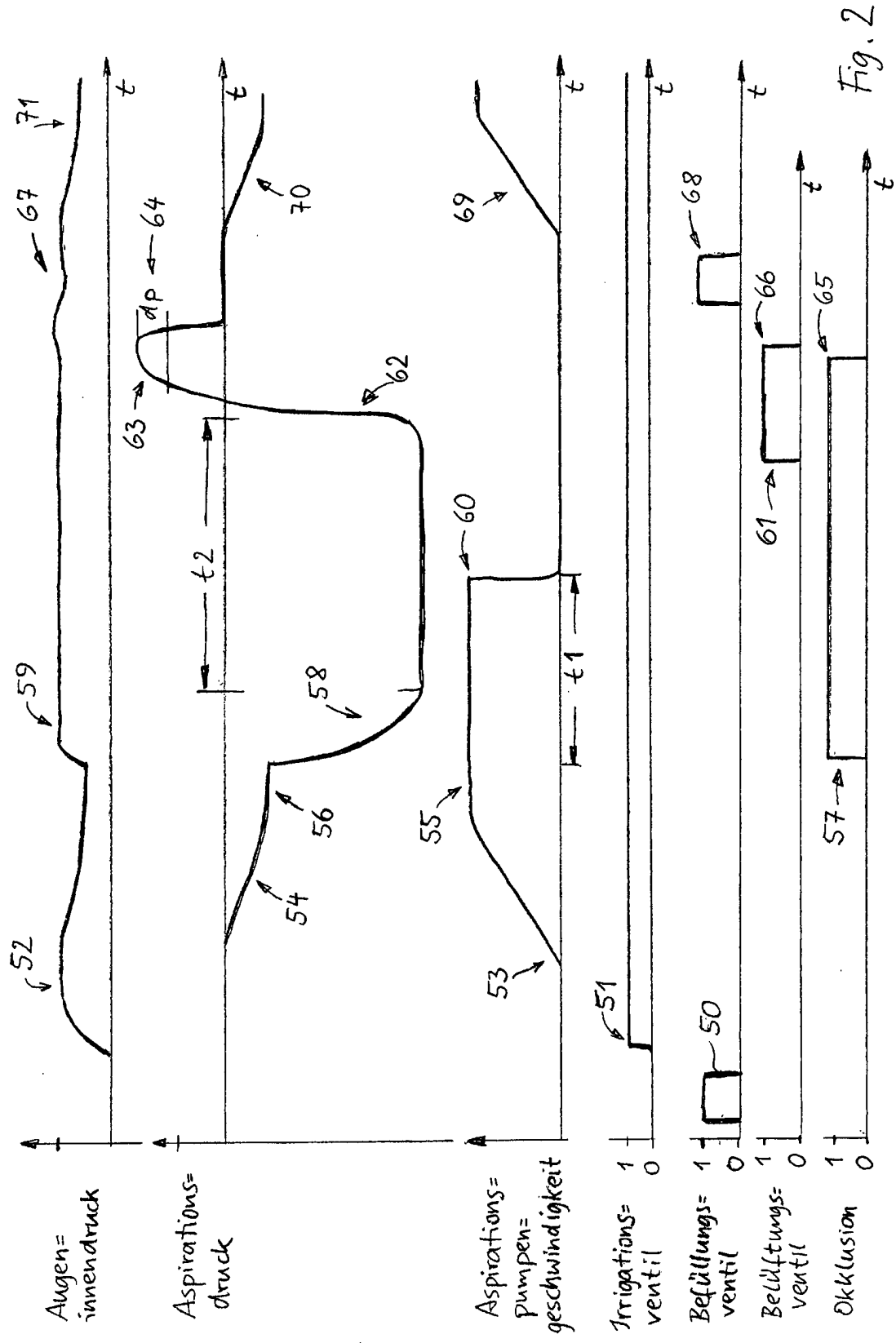


Fig. 2

Fig. 3A

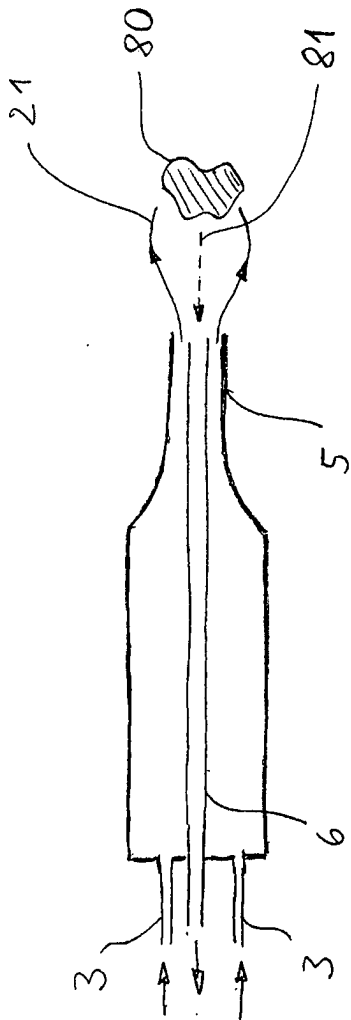


Fig. 3B

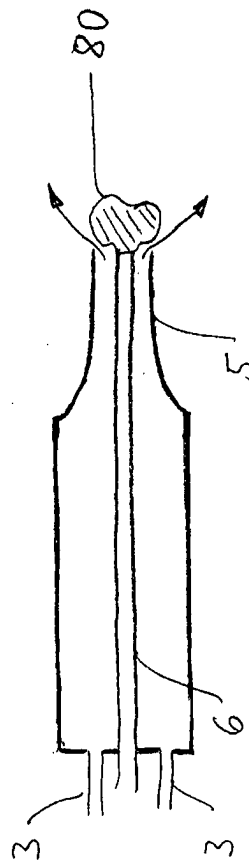


Fig. 3C

